

УДК: 617.547-7:004.42

**ТРУНОВ О.М., ІХСАНОВ Б.Ш., БЕЛІКОВ О.Є.,  
МАТАШНІКОВ С.В.**

Миколаївський державний гуманітарний університет  
ім. Петра Могили, м. Миколаїв, Україна.

**Трунов Олександр Миколайович**, к.т.н., доцент, перший проректор,  
завідувач кафедри медичних приладів та систем

**Іхсанов Борис Шамілійович**, аспірант кафедри медичних приладів та систем

**Бєліков Олександр Євгенович**, завідувач лабораторією мікро-  
контролерних та мікропроцесорних засобів медичних приладів та систем

**Маташніков Сергій Володимирович**, провідний фахівець лабораторії  
мікроконтролерних та мікропроцесорних засобів медичних приладів та систем

# **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ АПАРАТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ МПС ФІЗИЧНОЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ ХРЕБТА Й ТАЗОСТЕГНОВИХ СУГЛОБІВ**

*У статті розглядається процес проектування та створення МПС фізичної реабілітації хребта й тазостегнових суглобів. Особлива увага приділяється ефективності лікування та безпеці пацієнта. Структура програмно-апаратного рішення з точки зору простоти, безпечності та надійності розглядається детально. Розглядається структура комплексу, в якому керівною ланкою для системи було обрано ПК, за допомогою якого і відбувається керування лікувальним процесом. Розглядаються питання екстреної зупинки комплексу в аварійних ситуаціях, всебічний зворотній зв'язок за положенням та температурою. Інтерфейс керівного ПЗ розглядається окремо.*

*The development and realization of microprocessor's complex for physical rehabilitation of spine is considered in the article. Strong attention is applied to the efficiency of treatment and patient's safety. The structure of hardware and software applications is considered in details. PC was chosen as main part in presented complex. All treatment process is controlled by PC. Questions of complex's extra-failures in contingency, overall feedback by position and temperature are considered. The interface of controlled software is presented separately.*

Головною ціллю при створенні МПС фізичної реабілітації хребта й тазостегнових суглобів слід вважати ефективність лікування та безпеку пацієнта. Терапевтичні аспекти ефективності лікування докладно представлені у роботі [1]. Структуру програмно-апаратного рішення з точки зору простоти, безпечності та зручності слід розглянути окремо. Особливу увагу необхідно приділити саме всебічній безпеці пацієнта.

## **Структура МПС.**

Для користувача система являє собою виконавчий пристрій та блок керування. Для

цілей фізичної реабілітації хребта й тазостегнових суглобів достатньо мати автономний пристрій, з вбудованим пультом та мінімумом індикаторів. Проте для стадії експерименту та налагодження необхідна значно більша гнучкість та інформативність. Тому керівною ланкою для системи було обрано ПК, за допомогою якого і відбувається керування лікувальним процесом.

Розглянемо складові системи (рис. 1):

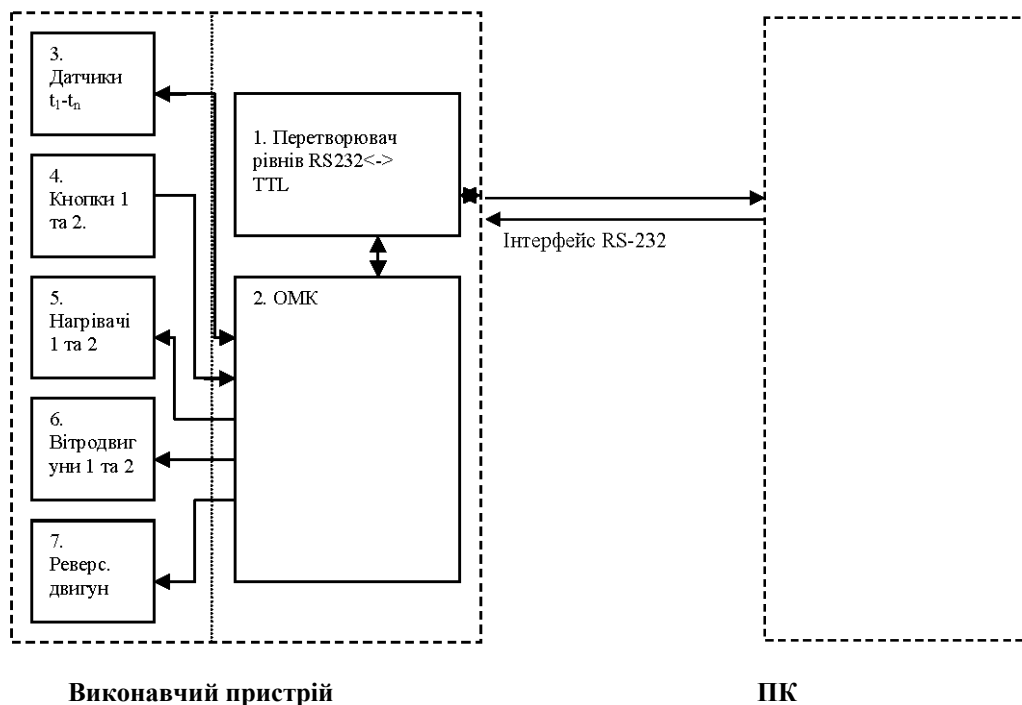


Рис. 1. Функціональна схема пристрою

Виконавчий пристрій складається з виконавчих механізмів, а саме двигунів (6, 7) й нагрівачів (5), з датчиків температури (3) і кінцевих положень (4) та блока керування, до складу якого входить ОМК (2) та перетворювач рівнів інтерфейсу RS232 (1). У складі виконавчого пристрою також є блок живлення (не показаний), який постачає стабільні напруги 24В для живлення двигунів та 5В для живлення електронних пристроїв.

Електрично двигуни керуються каскадом з спільним емітером на біполярному транзисторі, нагрівачі керуються оптосимісторами.

Датчики температури цифрові, з інтерфейсом 1-wire фірми Maxim (DS18B20) [2]. До блока керування можливо підключити до 8-ми датчиків по одній однодротовій лінії.

Для визначення кінцевих положень рухомої частини пристрою використано два кінцевих вимикача. Вони з'єднані паралельно та сигналізують про досягнення крайніх положень рухомої ланки.

Ще один сигнал блока керування використано для екстреної зупинки дії приладу. Кнопка екстреної зупинки повинна знаходитись у руці пацієнта, щоб у разі небезпеки вимкнути пристрій. Небезпеку може становити і надмірне розтягнення, і перегрів пацієнта. І, хоча, пристрій обладнано необхідними датчиками, введення екстреної кнопки обов'язкове.

#### Апаратна реалізація блока керування.

Всього пристрій має 8 однонапрямлених ліній для керування виконавчими механізмами:

- 2 лінії для керування реверсивним двигуном;
- 2 лінії для керування нагрівачами;
- 2 лінії для керування вітродвигунами;
- 2 чутливих лінії для реалізації екстреної кнопки та аналізу положення рухомої частини.

Це надає можливість ефективно обмінюватись інформацією з ПК, передаючи одним байтом стан усіх виконавчих вузлів.

Виконавчі вузли через буферні каскади під'єднані до однобайтного порту мікроконтролеру. В пристрої обрано ОМК Atiny2313 фірми Atmel [3]. Технічних можливостей цього ОМК достатньо для реалізації блока керування. Цей ОМК має 8 + 7 + 3 портів вводу виводу, блок UART (уніфікований асинхронний приймач-передач) працює від вбудованого тактового генератора та має широкий діапазон напруги живлення.

Однодротова шина для датчиків температури використовує ще один біт другого порту ОМК, у результаті для подальшого масштабування системи є в наявності ще 5 портів вводу-виводу.

Для узгодження рівнів послідовного інтерфейсу використано типову спеціалізовану мікросхему MAX232 [4].

#### Програмні засоби МПС.

Роботу всього комплексу регулює програма, що виконується на ПК, під управлінням ОС Microsoft Windows. Для зв'язку з блоком керування використовується будь-який послідовний порт ПК. Обмін відбувається на швидкості 9600 б/с.

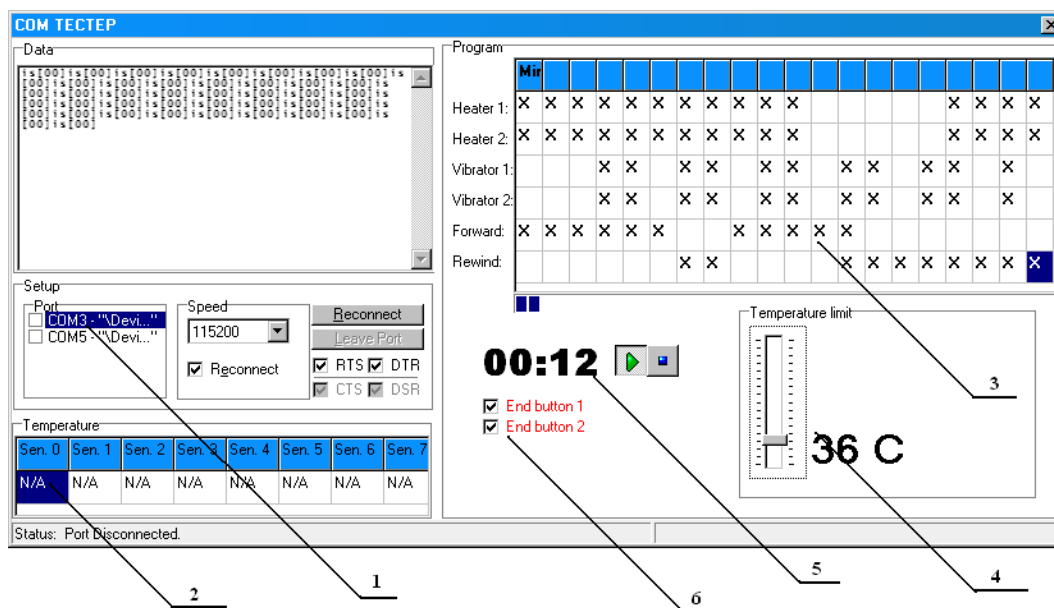


Рис 2. Інтерфейс керуючої програми

Загальний вигляд керуючої програми зображений на рис. 2.

Послідовний порт обирається із списку 1, після чого порт відкривається та програма готова до взаємодії.

Зчитана температура з датчиків відображається у таблиці 2, індивідуально по кожному сенсору. Верхній ліміт температури встановлюється регулятором 4. Якщо температура будь-якого датчика перевищує задану, всі нагрівачі відключаються.

Програма лікування задається у полі 3. У стовпчиках відкладається час процедури, один стовпчик означає одну хвилину лікування. Програма передбачає встановлення програми від 20 хвилин до однієї години. У строках таблиці відкладається певний виконавчий вузол. Для налаштування лікувальної програми необхідно помітити перетин певного виконавчого пристрою з необхідним часом. Під час лікування стан пристрою обирається з стовпчика, який відповідає поточному часу та цей стан відправляється на блок керування.

#### Безпека пацієнта.

Під час роботи системи блоком керування безперервно зчитуються дані з температурних датчиків та з кнопок. Ці дані відправляються на ПК, де на основі їх відбувається зміна режиму роботи виконавчих пристроїв. Проте такі

критичні параметри як температура нагрівачів, кінцеве положення рухомої частини та сигнал екстреної кнопки обробляється на іншому рівні, що зменшує ризик ураження в результаті збою на ПК або у з'єднувальному інтерфейсі.

Особлива увага приділена обробці натискання екстреної кнопки. Оскільки ніякий процесор не може працювати без збоїв, то рішення цієї лінії програмно-апаратне. Кнопка під'єднана і на порт даних ОМК і на вхід перезавантаження. При натисненні кнопки ОМК перевантажується з будь-якого стану і в цей час відключаються усі виконавчі пристрої. При повторному старті ОМК відбувається опитування портів, і, якщо кнопка натиснена, жоден виконавчий пристрій не ввімкнеться.

Аналіз перевищення температури також вбудований у мікропрограму ОМК. При перевищенні температури будь-якого датчика до 60 градусів нагрівачі автоматично відключаються.

При досягненні рухомою частиною кінцевих положень програма ОМК виконує реверс двигуна, аж до повернення рухомої частини у робочу область.

Електрична безпека пацієнта впроваджена гальванічною розв'язкою блока живлення від мережі, оптичною розв'язкою ланок керування нагрівачів й блока керування та оптичною розв'язкою каналу RS232 з ПК.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Трунов О.М., Беліков О.С., Приставка Л.О., Саченко П.П. Апаратні засоби для лікування ушкоджень хребта: проблеми та перспективи.
2. The DS18B20 Digital Thermometer, [http://www.maxim-ic.com/getds.cfm?qv\\_pk=2812](http://www.maxim-ic.com/getds.cfm?qv_pk=2812)
3. 8-bit Microcontroller with 2K Bytes In-System Programmable Flash, [http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc2543.PDF](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2543.PDF)
4. MAX220-49 DS, [http://www.maxim-ic.com/getds.cfm?qv\\_pk=1798](http://www.maxim-ic.com/getds.cfm?qv_pk=1798)